省级电网用电信息采集系统发展研究

张春晖[1]　张震[2]

（1．国 网 山 东 省 电 力 公 司 ， 山东 济南 250001；2．华能济南黄台发电有限公司，山东 济南 250100）

摘　要：这篇文章主要介绍了国网用电信息采集系统的建设历程和相关技术发展。首先，文章概述了国网用电信息采集系统的建设目标和发展历程，重点介绍了江苏省电网的用电信息采集系统建设情况和应用效果。然后，文章对用电信息采集系统的关键技术和工程应用进行了汇总和叙述，包括系统架构、终端数量和信道种类、主站装备、数据管理和应用等方面。文章提到了用电信息采集系统的关键技术，包括低成本通信方式、大用户负荷控制安全要求、无线公网在线技术、统一数据模型和并行数据处理技术等。总体来说，这篇文章为国网用电信息采集系统的技术探索提供了有益的参考。

关键词：用电信息采集系统 电网

中图分类号：TM933.4

Research on the development of provincial power grid electricity information collection system

ZHANG Chunhui[1]　ZHANG Zhen[2]

(1. State Grid Shandong Electric Power Company,Jinan , Shandong 250001 , China;2.Huaneng Jinan Huangtai Power Generation Co. , Ltd. , Jinan , shandong 250100 , China)

Abstract: This article mainly introduces the construction process and related technical development of the State Grid electricity information collection system. Firstly, this paper summarizes the construction goals and development process of the State Grid electricity information collection system, and focuses on the construction and application effect of the power consumption information collection system of Jiangsu Power Grid. Then, the key technologies and engineering applications of the power information acquisition system are summarized and described, including the system architecture, the number of terminals and channel types, the master station equipment, data management and application. This paper mentions the key technologies of the power consumption information acquisition system, including low-cost communication mode, safety requirements for large user load control, wireless public network online technology, unified data model and parallel data processing technology. In general, this paper provides a useful reference for the technical exploration of the State Grid electricity information collection system.

Key words:Electricity consumption information collection system　Power grid

0　引言

2008 年 9 月，国网启动了“计量、抄表、收费标准化建设”项目研究工作，随后提出省级电网用电信息采集系统以“全覆盖、全采集、预付费”作为建设总目标。

从 2010 年系统工程开始，经过多年的实施，国网供电营业区迅速扩大，估计由 2010 年 2.2 亿户增加到 2015 年的 3.9 亿户；重点开展计量产品统一标准、集中招标，截止 2015 年第 1 批计量产品集中招标，智能电表累计招标量为 36482.1 万只，通信终端 3599.1 万台；在此基础上，2014 年江苏电网率先建成省级电网用电信息采集系统，全省 3500 万用户、6h 完成全部采集任务。2015 年 6 月，山东电网成为第 2 个省级电网智能电表应用实现全覆盖，省内全部 3691 万用户用电信息自动采集。预计 2016 年各省电网用电信息采集系统要求全部建成。

但是，以上采集系统经过 5 年多建设，尚未见到从系统的勘测、设计、施工、测试/验收、运行、考核、故障处理到反馈改进全过程的经验总结，本地通信技术瓶颈一时也难以解决，其原因是多方面，包括省级电网系统建设跨越系统规划设计阶段，本地通信采用低成本方案，新电改进程、智能电网、德国“工业 4.0”和通信新概念陆续提出新的计量通信要求。为此，2014 年 1 月，国网营销部门发表文稿《用电信息采集系统应用现状及发展趋势》，说明目前的通信关键技术：电力线载波通信、微功率无线通信、无线公网、无线专网 230MHz 通信、光纤通信都存在不同的问题，需要研究提出用电信息采集系统通信网技术体系；研究提出基于电信网、广播电视网和互联网的用电信息采集技术方案，实现数据、语音、视频等业务的融合；2014 年国网营销[2014]82 号文提出研究一个互动（双向交互智能电表）、两项宽带（宽带电力线载波通信、宽带无线远程通信）的计量新要求；2015 年国网智能电表第 1 批集中招标中，宽带电力线载波通信芯片、OFDM 窄带电力线载波通信芯片首次批量中标，计划实施规模化应用试点。由此可见，大部分省级电网用电信息采集系统建设正进入后期，系统通信技术更新工作已经部署实施，只是目前系统通信技术更新的底线尚不明朗。

鉴于以上省级电网用电信息采集系统或将全面升级的应用前景，本文汇总叙述近几年国内合作研究快速、高品质省级电网用电信息采集系统技术的初步成果及文稿，作为技术探索、供参考。

一、国网用电信息采集系统经过 5 年建设的初步经验

1、江苏电网在国内率先建成省级用电信息采集系统，全省 4000 万用户、6h 完成全部采集任务。

江苏省电科院：《用电信息采集系统关键技术及工程应用》

1）江苏电网：2013 年江苏全社会用电量 4757 亿千瓦时，最高用电负荷 8191 万千瓦，拥有 35 千伏及以上变电站 2800 余座，服务全省 3500 余万电力客户。

2）系统目标：装备运行状态、电能流向、用户能源利用效率的实时监测与控制。

3）系统架构：

- 低压用户采集方案：台片集中和单元集中模式
- 大用户采集方案，无线专网与无线公网信道并存模式
- 关口采集方案：关口直采方式
- 系统主站方案：主站省级集中部署模式
- 电能数据管理方案：数据高效管理平台

4）各型终端数量、信道种类

- I 型集中器：33.5661 万台，GPRS 公网
- II 型集中器：69.6052 万台，GPRS 公网
- I 型负控终端：16.8214 万台，230MHz 专网
- II 型负控终端：5.6165 万台，GPRS 公网
- 无线电表：14.5961 万台，GPRS 公网

5）主站装备：数据库服务器 2 台，数据存储器 2 台；应用服务器 4 台；负载均衡器 2 台；自动任务服务器 4 台；采集及通信前置机 30 台；密码机 8 台；防火墙 2 台；核心交换机 2 台。

6）用电信息管理平台

•主站千万条级采集任务并发处理技术

•海量数据多站点、多层级处理和分析技术

7）数据应用：计量装置装态在线监测；配变运行状态和供电可靠性监测；智能有序用电；远程费控；实时线损监测；电力智能互动；全社会用电分析。

8）关键技术

一是，满足远程费控要求的低成本通信方式

•城区用户：开展主站预付费业务，台区下多点集中的 RS485 总线通信。

•农村用户：开展远程停复电业务，配变单元集中的低压电力线载波通信。

•手持应急终端：辅助手段，直接控制电能表

二是，满足大用户负荷控制安全要求，采用 230MHz 无线专网，提高通信容量和速率。

三是，继承历史设备——电表、终端多种类、多规约，定义用电信息采集的统一数据模型

四是，无线公网百万终端永久网络在线，双向服务模式的并行数据通信技术。

五是，6h 快速采集 4000 万户电表数据，采用采集前置集群、分布式实时内存交换、并行数据处理。

•每天执行采集任务总数 12800 万条；每分钟需执行 23000 条任务；数据库入库每秒 3000 行。

•经实测执行 1 条任务最大时间 50 秒，按 60 秒计算；每天采集 9h。

•30 台采集服务器并发工作，最大支持每秒 9000 条任务；数据库入库每秒 3000 行记录。

•数据处理技术

缓存库：轻量级设计，保存简化档案数据，采集任务按地区分为 13 个队列。

采集数据缓存：采集程序设置内存缓存，汇总采集数据批量入库。

10%性能冗余：每台采集服务器 300 条并发采集，系统在同时故障 3 台采集报务器时，不影响采集性能。

六是，巨量现场设备的快速安装、调试和维护。

•终端主动申报：上电登录时主动申报—设备资产号、IP、SIM 卡号、地理位置。

•电表主动发现：RS485、载波自动搜表，主站召测建档，变更告警，载波三层结构拓扑图。

•换表自动维护：业务换表信息归档后系统自动参数变更。

•安装免调试：建档下发后直接投运，错误数据系统自动检测到，后续统一排查。

•移动作业终端：换表、终端维护现场直接作业

•采集故障智能诊断：主站直接给出采集失败的具体原因

•数据校核：所有数据进行有效性校核，无效数据送异常分析。

9）展望，基于长期积累的电能数据，还可开展用户用电特性分析等方面的研究，为电力系统制订扩容、

运行、检修等计划提供基础数据。

10）评论：（略）

2、胡江溢、祝恩国、杜新刚、杜蜀薇：《用电信息采集系统应用现状及发展趋势》

1）简要回顾：2008 年 9 月，国家电网公司启动了“计量、抄表、收费标准化建设”项目研究工作；制定了智能电能表的 12 项技术标准和用电信息采集系统终端的 24 项技术标准；截止 2013 年 10 月底，已累计安装应用智能电能表 1.73 亿只，用电信息采集系统覆盖 1.73 亿户（注：国网经营范围内用户数量超过 3 亿户）。

2）用电信息采集系统关键技术

• 通信技术

• 电力线载波通信施工方便，无需重新布线，但其通信的可靠性、实时性、稳定性较差。

• 微功率无线通信覆盖范围内，传输距离受障碍物影响大，现场同频干扰现象严重。

• 无线公网通信费用较高，运行维护及时性有待加强，局部地区信号弱、数据采集困难，尤其在紧急情况下容易造成信道拥堵。

• 无线专网 230MHz 通信接入容量有限，基站覆盖范围仅在 30kM 左右，受地形地貌的影响，数据在传输过程中容易受高层建筑物阻挡。

• 光纤通信一次性投资大，成本较高，布线困难，工程量大。

• 主站应用技术：（略）

• 智能费控技术

• 智能费控技术的实现方式有主站费控技术、采集终端费控技术、智能电能表费控技术 3 种。

• 智能费控技术对通信的响应能力要求较高，由于目前本地通信主要采用电力线载波，因此需要进一步提高载波通信工作的实时性、可靠性和稳定性。

• 用电信息安全防护技术：（略）

3）用电信息采集系统发展趋势

•通信网接入技术：接入网通信技术要系统接口丰富，组网灵活，支持数据、语言、图像等业务的一体化接入，可以为用电信息采集、负荷监测和控制提供安全可靠的通信通道，需要研究提出用电信息采集系统通信网技术体系。

•信息共享与融合技术：由于用电信息采集系统还处于规模化建设阶段，与其它业务系统之间缺乏有效整合，集成化水平较低，信息资源共享和公共服务功能需要进一步完善。

•海量数据处理与分析应用：（略）

•移动作业技术：（略）

•基于三网融合的用电信息采集技术：要研究提出基于电信网、广播电视网和互联网的用电信息采集技术方案，实现数据、语音、视频等业务的融合，可以节省很多通信线路投资和运行费用，提高网络的综合运营效率和系统运行的可靠性、实时性、经济性。在节能、环保方面优势明显。

•智能用电双向交互技术：智能用电双向交互借助于用电信息采集系统建成的光纤信道和小区内电力线载波信道，采集和分析用电信息、电能质量等数据，监控与管理家庭用电设备，基于网络化、人机交互和业务融合的原则，提供实时用电信息（停电信息、缴费信息）、告警信息、电价政策，提供历史用电记录、数据统计图形，指导用户合理用电，调节电网峰谷负荷。另外，智能用电双向交互技术可提供友好、可视的用电交互平台，为用户提供增值服务信息。

二、快速、高品质 省级电网用电信息采集系统合作研究框架

1、系统规划设计

1）几经拓展的系统功能

•《电力用户用电信息采集系统　功能规范》Q/GDW 1373-2013 提出的系统功能：

系统主要功能包括数据采集、数据管理、定值控制、远方控制、综合应用、运行维护管理、系统接口等。

数据采集的主要数据项有：电能量数据；交流模拟量；工况数据；电能质量越限统计数据；事件记录数据；其它数据：费控信息等。

•国家电网营销〔2014〕82 号《关于强化计量管理加快用电信息采集建设的意见》提出的系统新功能：

用电信息实时采集

替代老旧电力负控系统

构建购、供、售电统一数据平台

支持电能质量在线监测系统建设；专变、公变停电事件，BC 类低压监测采集

分布式电源接入监测，电动汽车充换电服务管理需求

电、水、气、热表一体化数据采集技术

大数据、云计算技术应用

低压用户停电事件监测、上报

远程费控功能深化应用

电表、终端事件记录、采集、上报

计量装置在线监测与智能故障诊断

研制可支持双向通信、开放网关的新型嵌入式通信模块，制定支持双向互动的通信协议

•国家电网营销〔2015〕53 号文提出的系统新功能

拓展支持计量故障准确判定和快速处理功能。加快本地费控电表远程下发电费参数功能的升级改造；支撑无卡购电充值业务；全面应用停电事件采集和主动上报功能，辅助支撑故障检修及时准确的判断和定位；全面应用负荷监测数据，支撑业扩报装开放负荷计算；深化管理线损分析，重点关注线损率严重超限、突变台区，实现计量异常、窃电嫌疑及户、变关系的准确核查。

深化智能双向互动技术研究，创新智能电表双向互动方式。北京电力利用宽带电力线载波，实现手机 APP 与智能电表双向互动的验证工作，技术方案可行，将深化应用。

2）系统整体指标

•国家电网营销〔2015〕53 号文提出的系统指标：

2015 年安装智能电表 6060 万只，累计实现用电信息采集 3.16 亿户，总体覆盖率超过 80%，13 个省公司基本实现全覆盖，整体日均采集成功率超过 97.5%。具体指标包括：

专变用户、公变台区、并网电源计量点采集覆盖率 100%。

专变用户日均采集成功率达到 99%；城市地区均采集成功率达到 98.5%；农村地区日均采集成功率达到 97%。

•为考量省级电网用电信息采集系统整体性能是否符合系统拓展功能的需求，本文建议补充下列系统整体指标：

系统拥有用户总量，总体采集覆盖率

系统整体采集时间，一般不低于 1000 万户/h

按设定周期，系统整体自动采集成功率

- 用于月计费、月线损计算管理的系统，要求自动采集成功率 100%/24h。
- 用于日线损计算管理、远程预付费的系统，要求自动采集成功率 100%/2h（最优为 100%/1h）
- 用于 AMI 工程试点的系统，要求 100%/1h（最优为 100%/30min）

按设定周期，专变用户、城市地区、农村地区的自动采集成功率

系统可靠性

系统可用性

3）通信带宽估算方法研究

•湖南省电力经济技术研究院、中国电科院：《智能配用电多业务汇聚的通信带宽预测》

•中国电科院、华北电力大学：《一种基于业务断面的智能配用电通信网业务流量计算方法》

4）远程/本地通信方式选择与通信技术方案制定

2、系统主站及其测试

1）江苏省电科院：“江苏电网在国内率先建成省级用电信息采集系统，全省 4000 万用户、6 h 完成全部采集任务”

•主站装备

采集和通信前置机（30 台），数据库服务器，数据存储器，应用服务器，负载均衡器，自动任务服务器，密码机，防火墙，核心交换机。

•6h 快速采集 4000 万户电表数据

2）国网：主站软件标准化设计（2014 修订版）

3）南方电网超高压输电公司：《超高压电能计量主站系统建设方案的设计研究》

4）中国电科院（南京）：《基于 I/O 空间分析的调度主站软件系统检测模型》

3、远程通信及信道

1）中国电科院、国网电科院：《面向智能配用电网络的电力无线专网技术方案》

2）南方电网：《珠海 TD-LTE 无线宽带试点工程》

3）中国电科院、国网电科院：《基于 230MHz 电力专用频谱的载波聚合技术》

4）吉林电子信息职业技术学院、天津市电力调度通信中心：《4G 技术应用于电能质量监测的分析研究》

4、本地通信及信道

1）报道："电力载波技术创新联盟在京成立"

国家标准委正式下达《信息技术 系统间远程通信和信息交换 低压电力线通信 第 1 部分：物理层规范》、《信息技术 系统间远程通信和信息交换 低压电力线通信 第 2 部分：数据链路层规范》两项国家标准的制定计划。

2）中国电科院：《新一代电力线载波通信技术研究与进展》

3）青岛东软公司：《G3-PLC 及第 5 代载波通信系统》

4）湖北省电力公司、北京中宸昌鸿公司：《基于双信道自动切换技术的采集系统应用设计方案》

5）青岛东软公司：《宽带电力线通信芯片及应用》

6）华为海思公司：Hi3911-用电信息采集宽带载波芯片

7）重庆邮电大学：《基于 IPv6 的电力线载波通信分片独立的重传机制》

8）国网电科院、海河大学：《基于 PRIME 标准的低压电力线载波通信组网方案》

9）东北林业大学、北京邮电大学：《基于统计的ρ-坚持 CSMA 算法及其在电能量采集终端中的应用》

10）深圳市国电科技通信公司：《短距离微功率无线通信技术标准解析与展望》

5、双向通信、多通信方式转换用网关

1）重庆邮电大学：《电力通信系统网关设计》

2）河北大学：《基于 PIC18F66J60 的 Lonworks 以太网网关设计》

3）华北电力大学：《面向中低压电力线互联互通的智能桥接器设计》

6、终端

1）中国电科院：《用电信息采集设备可靠性验证试验》

2）张春晖：《2014 年电表行业发展有哪些看点？》——"集成终端可能成为新需求"

3）北京化工大学、黑龙江省电科院：《低压电力线载波信道阻抗测试终端的设计与应用》

4）福州电业局：《宽带用电信息采集系统终端现场投运经验和建议》

5）大连供电公司、国电南瑞科技公司：《新型智能配电自动化终央自描述功能的实现》

6）四川省电科院、成都理工大学：《基于多任务调度的一体化电量充值采集终端的设计》

7、智能电表及通信模块

8、系统工程勘测与设计

1）张春晖：《关于本地窄带载波自动抄表系统工程设计与管理方法的讨论》

2）集中器、网关的选址与勘测

9、系统工程应用及本地通信技术瓶颈解决方案

前面已经提到，经过国内多年的合作研究，低压电力线窄带（低速）载波通信技术瓶颈已经突破。采用"双模"通信，还是窄带（低速）载波通信为主，辅以微功率无线搭桥通信方式出现了争议。

1）参考文稿：

• 青岛东软公司、重庆市电科院：《（重庆）江津龙门场二台区现场工作报告》

• 青岛东软公司：《G3-PLC 与第 5 代载波通信系统》

"自动抄表成功率：力争所有台区 1h 内采集完成。在设计上，MAC 层支持载波信道与微功率无线信道自动识别、切换的双信道模式。"

2）低压电力线窄带（低速）通信系统技术瓶颈全面解决方案，实现所有配变台区 2h、自动抄表成功

率100%的目标，需要开发的新产品：

•多频点窄带（低速）信号测试仪、多频点噪声测试仪

•阻波器

•电力线窄带（低速）通信+微功率无线通信方式的“双模”通信模块

或微功率通信向窄带（低速）通信转换的网关

•配变台区识别仪

•保证电表、终端、用户、配变台区、电力线路的编号/地址一致性技术措施

华立仪表集团：《基于固定条码与电子标签比对设备的设计》

•低压电网阻抗测试仪

三、经协商，2015年后期召开中国现代电网量测技术省级电网用电信息采集系统再发展技术讨论会

2015年6月13日《进口高端全性能研究》课题（银川）技术交流会议讨论提出：2015年电表通信新技术交流会议准备工作

会议初定交流主题：探索快速、高品质省级用电信息采集系统技术合作研究。该主题是基于国网2014年1月文稿《用电信息采集系统应用现状及发展趋势》，提出国网用电信息采集系统进入后期建设，但是基本通信特别是本地通信还是瓶颈，要强化具有实时性、可靠性、稳定性的采集通信技术和新通信系统技术架构的应用研究。

1、初定交流会议议题

1）采集系统规划设计与采集主站技术：（发言单位待定）

2）解读《Home Plug Green PHY-2006》标准：（威胜）

3）国网宽带电力线载波通信标准制定工作进程与技术争议：（青岛东软）

4）宽带电力线载波通信集中器技术方案研究：（重庆院）

5）双模通信模块设计：（青岛东软）

6）低压电力线载波通信信道测试仪设计：（发言单位待定）

7）双向交互智能电表网关设计：（重庆院/重邮大）

8）采用通信新技术，建设县级高品质用电信息采集系统的初步经验：（江津供电公司）

9）电能表及读表网络软件架构设计：（郑州瑞能公司）

10）后备议题

•2014版国网采集主站软件标准化设计

•采集主站软件测试技术研究

•“互联网+电表（水表、气表、热表等）”的发展前景

参考文献

［1］胡江溢;祝恩国;杜新纲;杜蜀薇 用电信息采集系统应用现状及发展趋势 《电力系统自动化》- 2014-01-25

［2］董凤娟 试论用电信息采集系统的应用现状及发展趋势 《机电信息》- 2014-12-25

作者简介： 张春晖 男， (1938-)， 从事电能计量技术研究。

通讯作者： 张震 男， (1977-)， 从事电能计量技术研究 721047546@qq.com